DOI: 10.5846/stxb201601210146
王亚茹, 赵雪雁,张钦,雒丽, 薛冰.高寒生态脆弱区农户的气候变化适应策略评价——以甘南高原为例.生态学报,2017,37(7):2392-2402.
Wang Y R, Zhao X Y, Zhang Q, Luo L, Xue B.The evaluation of famers′ climate change adaptation strategies in high-frigid ecological vulnerable region: a case of Gannan Plateau.Acta Ecologica Sinica,2017,37(7):2392-2402.

高寒生态脆弱区农户的气候变化适应策略评价
——以甘南高原为例

王亚茹[1], 赵雪雁[1,*],张 钦[1],雒 丽[1], 薛 冰[2]
1 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070
2 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016

摘要:气候变化加剧了高寒生态脆弱区农户的生计脆弱性,为应对气候变化,农户已采取了各种响应措施,当前急需评估农户所采取适应策略的效果,以便选择更有效的适应策略。以甘南高原为研究区,基于入户调查数据分析了农户所采取适应策略的特征,采用模糊综合评价法分析现行适应策略的效果,并利用多准则决策模型确定了最优的气候变化适应策略。结果显示:(1)甘南高原农户多采取组合型策略应对气候变化,尤以调整+扩张型策略为主;(2)甘南高原农户所采取气候变化适应策略的效果较好,效益指数为3.43。其中,农区农户的适应策略效果最好、半农半牧区次之、纯牧区最差;(3)甘南高原不同区域农户筛选的最优策略存在差异。其中,纯牧区和半农半牧区农户筛选的最优策略为调整农牧业结构,而农区农户为完善农牧业基础设施。最后,提出了提高农户适应策略效果的对策建议及未来研究中需进一步关注的问题。

关键词:农户;气候变化;适应策略;模糊综合评价法;多准则决策模型

The evaluation of famers′ climate change adaptation strategies in high-frigid ecological vulnerable region: a case of Gannan Plateau

WANG Yaru[1], ZHAO Xueyan[1,*], ZHANG Qin[1], LUO Li[1], XUE Bing[2]
1 *The College of Geography and Environment Science of North-west Normal University, Lanzhou* 730070, *China*
2 *Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang* 110016, *China*

Abstract: Climate change is one of the most serious challenges that the world is facing in the 21[st] century. Because the farmers depend on the nature resource, they face various negative impacts of climate change, particularly in the high-frigid ecological vulnerable region. Consequently, climate change has strengthened the livelihood vulnerability of these farmers. The farmers themselves have devised various adaptation strategies to deal with climate change. Hence, it is important to determine how effective adaptation strategies are, and to assess their adaptation strategies. The Gannan Plateau was selected as a case study, and through a stratified random sampling survey and participatory rural appraisal, 548 households were investigated. We analyzed the characteristic of the farmer′s climate change adaptation strategies, evaluated the effects of these strategies with a fuzzy integrative evaluate method, and determine the most effective adaptation strategy with a multi-criteria decision-making analysis. The results showed that: (1) Most farmers of the Gannan Plateau combine different strategies for dealing with climate change, with 65.30% of the households being farmers and 30.21% employing the ‘expansive and accommodating’ strategy. Furthermore, the choice in adaptation strategy of the farmers differed per area, In the ‘pure pasturing area’, the strategy most used was to reduce the livestock, whereas farmers in the ‘semi-farming-

基金项目:国家自然科学基金项目(41361106,41471116);教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-11-0910);甘肃省高校基本科研业务费项目
收稿日期:2016-01-21; **网络出版日期**:2016-08-30

*通讯作者 Corresponding author.E-mail: xbzhaoxy@163.com

pasturing area', used early pasture transfers, or regulated the timing of the farming season. In addition, famers in the 'farming area' also used early pasture transfers, regulated their farming session, or increased irrigation. (2) The overall effect of the adaptation strategies is moderately positive, with an average effect index of 3.43. From this index, the social efficiency index is the highest (3.63), and the economic efficiency is the lowest (3.25). The effect of adaptation strategies was highest in the 'farming area' (3.56), less strong in the 'semi-farming-pasturing area' (3.37), and worst in the 'pure pasturing area' (3.33). (3) The optimal adaptation strategy differed per area, and adjusting the agricultural and animal husbandry structure was the most optimal strategy in the 'pure pasturing area' and 'semi-planting-pasturing area'. For the households of the 'farming area', improving agriculture and animal husbandry facilities was the optimal strategy. Finally, we propose some relevant advice to improve the effects of farmers' adaptation strategies and discuss several issues require further attention in the future.

Key Words: the farmers; climate change; adaptation strategy; fuzzy integrative evaluate method; multi-criteria decision making analysis

气候变化的全球影响日益凸显,正成为当前人类面临的最严峻挑战之一。IPCC 第五次评估报告指出,全球气候变暖的事实是毋庸置疑的,1880—2012 年全球平均温度已升高 0.85℃,对陆地和海洋生态系统、农村和城市、人类健康与安全等造成了重大影响[1],加剧了全球及区域层面的脆弱性,寻求有效的策略应对气候变化已成为全球各国的共同意愿和紧迫需求[2-3]。农户作为生态脆弱区最主要的经济活动主体以及自然资源利用的最直接单元,气候变化对其生计造成的影响尤为严重,急需寻求有效策略应对气候变化以减轻其生计脆弱性。鉴于此,评估农户所采取适应策略的效果迫在眉睫。

当前,国内外学者已围绕局地层面的适应策略评估实践以及评价方法的革新等重要问题开展了一系列研究。例如,Claessens 等和 Antle 等开发的最小数据法利用一些容易得到的二手数据(如统计报表上的数据),将自然模型与生产模型结合起来,准确、及时地模拟了不同气候变化背景下适应策略的环境、经济和社会效果[4-6];Qin 等[7]开发了基于多准则决策模型(Multi-criteria decision-making,MCDM)的综合专家系统,对加拿大格鲁吉亚流域水资源开展气候变化影响和适应策略评估,选取了有效性、可行性、响应性、灵活性和成本五个指标评价适应措施;Ajay[8]等集成自上而下与自下而上的适应选择评估,确定了各种适应策略的优先序;张兵等[9]则利用倍差法对我国苏北地区的气候变化农业适应措施进行了评价。尽管农户的气候变化适应策略评价引起了国内外学者的广泛关注,并取得了一定的成果,但目前国内仍缺少对农户适应策略效果的定量研究。

地处青藏高原东缘的甘南高原是典型的高寒生态脆弱区,农户生计方式较为单一,严重依赖于草地资源与耕地资源,其社会生态系统具有抗干扰能力弱、恢复能力差、时空波动性强、边缘效应显著等特点[10-11]。气候变化作为该区生态环境恶化最主要的自然诱因,与人文因素叠加在一起,引起了该区草地退化、湿地萎缩、生物多样性损失、水土流失等一系列问题,加剧了以自然资源为生计基础的农户的生计脆弱性。农户能否有效地应对气候变化、减轻气候变化的影响,不仅直接关系到该区的可持续发展,更影响到黄河上游乃至我国北方地区的生态安全,当前亟需评估农户所采取适应策略的实施效果,并筛选出有效的适应策略。为此,基于入户调查数据,本文分析了农户所采取的适应策略特征,采用模糊综合评价法评估了现行适应策略的效果,并利用多准则决策模型筛选出了最有效的适应策略,旨在为高寒生态脆弱区制定有效的气候变化适应政策提供科学依据与借鉴。

1　研究区、数据来源与研究方法

1.1　研究区

甘南高原地处青藏高原东缘(图 1),大部分区域海拔为 3000—3600m,属于典型的高原大陆性气候,气候

寒冷湿润,年均温普遍低于 3℃,绝大部分地区长冬无夏,春秋短促,全年平均日照时数为 2200—2400h,年均降水量在 400—800mm 之间,受地形和季风的影响,降水时空分布不均[12]。根据中国气象科学数据共享服务网提供的甘南高原及附近站点 1963—2013 年的气温、降水量日值数据集分析得出,近 50 年来甘南高原气温增加显著,增幅为 0.23℃/10a,降水呈微弱减少态势,减幅为-5.21mm/10a。同时,近年来,甘南高原旱灾、水灾、风雹灾、低温霜冻等气象灾害频发,2009—2013 年间,由气象灾害造成的农业受灾面积达 8882.67hm^2/a,占播种面积的 12.87%,其中,风雹灾造成的受灾面积最大,干旱次之,分别占受灾面积的 34.19%、31.60%,水灾和低温霜冻灾害影响相对较弱,分别占受灾面积的 14.24%、4.28%。

甘南高原内部分异明显,根据农业生产条件可分为纯牧区、半农半牧区与农区,不同区域的农业生产方式存在较大差异。纯牧区的面积为 $2.45\times10^4 km^2$,农户生计以畜牧业为主,2013 年畜牧业产值占农业总产值的 86.62%,而玛曲县畜牧业产值占该县农业总产值的比重高达 98.88%;半农半牧区的面积为 $1.05\times10^4 km^2$,该区农户农牧业兼营,种植业与畜牧业产值分别占农业总产值的 56.78%、23.06%;农区的面积为 $0.46\times10^4 km^2$,以种植业为主,种植业产值占农业总产值的 51.16%。

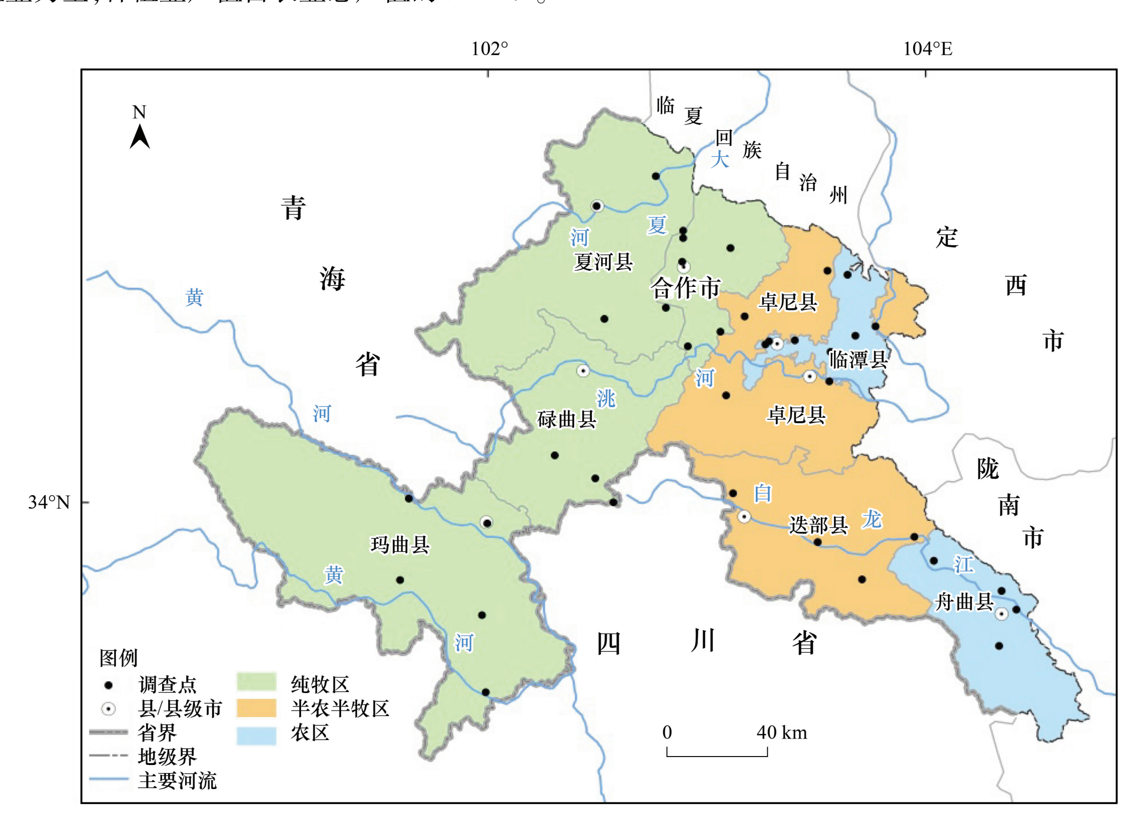


图 1　研究区与调查点

Fig.1　The study area and the survey village

1.2　数据来源

课题组于 2014 年 7—8 月在甘南高原进行了 20 余天的野外调查。首先在县级部门收集了资源环境、社会经济统计资料;然后采用调查问卷、小型座谈会等参与式农村评估(PRA)工具进行农户调查,以获取研究所需的数据及信息。

基于预调查中对村社干部及农户的访谈,设计了调查问卷,调查对象主要为户主,为了确保信息准确,聘请了 6 名藏族大学生作为语言翻译,每户问卷调查时间约为 30—40min。入户调查中,采取分层随机抽样法选取受访农户,由于甘南高原地域辽阔、农牧民居住分散,访谈难度较大,共调查农户 548 户,收回有效问卷 539 份,其中,纯牧区农户 186 户,半农半牧区农户 168 户,农区农户 185 户。受访户户主的平均年龄为

43.24 岁,平均务农年限为 24.18a,平均家庭规模为 5.52 人/户,家庭劳动力数量为 3.20 人/户,人均年收入为 5976.15 元,文盲及小学教育程度的劳动力比重达 53.24%,大专及以上的比重仅为 9.35%。虽然受访户数量较少,但与《甘南统计年鉴(2013)》中的统计资料对比,发现样本基本反映了甘南高原农户的基本情况,具有一定的代表性。

问卷内容包括:(1)农户的基本情况,包括户主的年龄、性别、务农年限、受教育程度以及家庭人口、家庭成员的受教育程度、家庭收支状况、拥有的耕地与草地面积等;(2)气候变化对农户生计的影响及农户采取的气候变化适应策略;(3)农户对适应策略的经济、社会、环境效益评价;(4)农户对各种备选适应策略适应效果、成本效率、可能性、灵活性和响应性的评价。

表 1　受访户特征

Table 1　The characteristics of the farmers

农户类型 Famers types	户主平均年龄/岁 Average age	户主平均务农年限/a Average years of farming	家庭规模/(人/户) Family size	劳动力数量/(人/户) The labor force	劳动力受教育情况 Labor education/% 文盲 Illiteracy	小学 Elemental school	初中 Junior high school/%	高中或中专 Senior high school or technical school/%	大专及以上 College degree or above/%	家庭人均年收入/元 Per people income
纯牧区受访户 Pure pasturing area farmers	42.55	26.64	5.41	2.70	29.44	36.49	15.12	9.88	9.07	6313.41
半农半牧区受访户 Planting-pasturing area farmers	44.38	24.99	5.89	3.48	34.78	24.57	13.67	18.51	9.17	5910.53
农区受访户 Planting-pasturing area farmers	43.15	20.63	5.30	3.44	15.96	22.12	36.65	17.22	9.79	5704.51
全体受访户 All farmers	43.24	24.18	5.52	3.20	26.18	27.06	22.56	15.49	9.35	5976.15

1.3　研究方法

1.3.1　气候变化适应策略效果评价方法

(1)模型设计

农户对气候变化适应策略效果的评价指标具有较强的模糊性,难以给予定量研究。而模糊综合评价法是基于模糊数学的一种综合评价方法,可将定性评价转化为定量评价,在处理定性、不确定及信息不完善问题方面具有很大的优越性[13-14]。因此,本研究采取模糊综合评价法分析农户现行气候变化适应策略的实施效果。其具体步骤如下:

①确定农户适应策略效果评价的指标集 U 并确定各指标的权重 W(表 2)。

②确定评价集。对模糊隶属度函数进行定量化,建立评价集 $V=\{v_1,v_2,\cdots,v_n\}$,按照克里特量表,将农户气候变化适应策略的实施效果分为 5 个等级,即 $n=5$,则评价集 $V=\{$很好,较好,一般,较差,很差$\}$。

③构建综合评价矩阵 R。根据实际调查数据,设对第 g 个指标 u_g 的评价 $R_g=\{r_{g1},r_{g2},\cdots,r_{gn}\}$,它是评价等级集上的一个子集,其中,$r_{gn}$ 表示第 g 个指标对第 n 个等级的隶属度。由单个指标评价向量 $R_g(g=1,2,\cdots,m)$ 构成评判矩阵:

$$R=\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \tag{1}$$

然后,采用模型 $M(\cdot,+)$,通过 $B=W\times R$ 得出模糊综合评价集 B。

④去模糊化。即用模糊综合评价集 B 和测量指标 E 计算出各个评价指标的综合效果评价指数 P:

$$P=B\times E \tag{2}$$

式中,$E=\{$很好,较好,一般,较差,很差$\}=\{5,4,3,2,1\}$。

(2)指标体系构建

气候变化的适应领域是多空间、多层次的,生态环境与社会经济等系统对气候变化的适应存在不同程度的响应,在遵循评价指标的全面性、系统性、代表性、客观性等原则下,通过实地调查并借鉴以往的效果评价研究成果[15],充分考虑甘南高原的生态环境、资源禀赋、文化习俗、农户的生计方式以及气候变化对农户生计的影响等实际情况,从经济、社会和生态环境3个方面出发,设计出能够全面反映适应策略实施效果的评价指标及其量化数值,并利用专家咨询法确定指标权重(表2)。其中,选取农户家庭收入变化来表征适应策略的经济效果;选取农户的就业方式变化、观念变化(农户对气候变化的关注度、农户应对气候变化的积极性)、生活质量变化、适应能力变化来表征适应策略的社会效果;选取草地与耕地质量变化来表征适应策略的环境效果。

表2 农户所采取现行适应策略的效果评价指标体系

Table 2 The effect evaluation index system of the famers' adaptation strategies

模糊评价指标 Fuzzy evaluation index				农户评分等级 Famer ranking/%				
目标层 Target layer	准则层 Rule layer	指标层 Index layer	指标解释及赋值 Index interpretation valuation	5 Five	4 Four	3 Three	2 Two	1 One
农户现行适应策略总体效果 Overall effect of famers adaptation strategy	经济效果 0.3737	家庭收入 0.3737	增加很多5,增加一些4,没有变化3,减少一些2,减少很多1	1.17	44.16	35.02	18.09	1.56
	社会效果 0.3674	就业方式 0.2507	农业转非农业5,没有变化3,非农业转农业1	50.78	0.00	33.85	0.00	15.37
		气候变化关注度 0.1565	提高很多5,提高一些4,没有变化3,下降一些2,下降很多1	2.14	67.32	25.68	4.47	0.39
		应对气候变化的积极性 0.1761		2.72	63.42	26.46	6.42	0.97
		生活质量 0.2774		3.50	66.34	20.43	7.39	2.33
		适应能力 0.1394		1.17	58.17	29.96	10.31	0.39
	环境效果 0.2589	草地质量 0.4952	改善很多5,改善一些4,没有变化3,降低一些2,降低很多1	2.33	47.28	36.96	12.65	0.78
		耕地质量 0.5048		0.78	50.78	37.94	8.75	1.70

1.3.2 气候变化适应策略多准则评估模型

多准则决策模型(Multi-criteria decision-making,MCDM)是基于多标准,通过利益相关者参与,依据不同评估标准对各种适应策略进行排序、筛选的一种集成评价方法。因其有助于观察各种适应策略的优点和缺点,对确定减轻气候变化负面影响的期望选择非常有效,目前在气候变化适应策略评价领域得到了较为广泛的应用,例如,Qin等[7]利用MCDM对加拿大格鲁吉亚流域水资源进行气候变化影响和适应策略评估;王金霞[16]等开展了海河流域气候变化条件下水资源短缺的适应性措施多标准评估。多准则评估模型主要包括简单加权法(SAW)、消去选择转换法(ELECTRE)、逼近理想点排序法(TOPSIS)等常用方法,其中,SAW中各属性是相互独立的,对整体评价可以叠加,各属性具有互补性;ELECTRE仅能求得各适应策略的优劣关系排序,无法了解其优劣关系程度的大小;TOPSIS法是通过测算所评价策略与“理想解”和“负理想解”的接近程度来对各评价策略进行相对优劣排序,在多准则情况下,TOPSIS法能够对各种适应策略进行客观的综合评价,也能反映各适应策略的优劣程度,计算过程清晰、具有可操作性。因而,本文采用逼近理想点排序法(TOPSIS)对适应策略进行排序,以便筛选出最优的适应策略。

(1)评价准则的确定及权重

适应气候变化是要减少气候风险造成的不利影响或损失,增加潜在的有利机会[17]。已有研究显示[18],适应规划需要与当地自然资源开发利用、减贫、减排、生态环境保护等多种目标相结合,来明确气候变化适应策略可评估的共识性目标,在充分了解当地农户适应需求、愿望及地方文化的基础上,参照客观性、协同性、平等性、可实现性等原则[19],从适应规划的成本效益、可操作性、变通性、灵活性等方面,评估适应策略的优先序,甄别和筛选出最有效、科学的适应策略。基于此,本研究选取了适应效果、成本效率、适应灵活性、适应响应性、适应可能性等5个评价准则,并给出了各准则的量化数值,在与专家讨论和相关文献研究的基础上,利

用 AHP 方法确定了各评价准则的权重(表 3)。

表 3　评价准则及权重

Table 3　The assessment criteria and weights

评价准则 Assessment criteria	准则含义 Criteria meaning	准则分级与赋值 Criteria classification and value	权重 Weigh
适应效果 Efficiency	该策略能否明显提高农户的适应能力	非常明显 3,一般 2,不太明显 1	0.35
成本效率 Cost	采取该策略的成本	非常低 3,一般 2,非常高 1	0.27
适应灵活性 Flexibility	该策略能否灵活调整	非常灵活 3,一般 2,不太灵活 1	0.08
适应响应性 Responsivity	该策略是否与社区社会、经济、环境目标一致	非常一致 3,一般 2,不太一致 1	0.12
适应可能性 possibility	农户采取该策略的可能性	非常可能 3,一般 2,不太可能 1	0.18

(2)TOPSIS 法

逼近理想点排序法(The technique ordered preference by similarity to the ideal solution)是一种逼近理想解的排序法,步骤如下:

①构建评价矩阵。针对气候变化适应规划评价中的 q 个适应策略的 p 个准则,可以得到原始数据矩阵:

$$X = \{x_{ij}\}_{q \times p} \tag{3}$$

式中,x_{ij}表示第 i 个适应策略的第 j 个评价准则的数值,$i=1,2,\cdots q$,$j=1,2,\cdots p$。

②矩阵标准化。用 z-score 标准化方法对矩阵进行归一化整理,得到归一化矩阵 A:

$$A = \{a_{ij}\}_{q \times p} \tag{4}$$

③找出 q 个适应策略中的最优 A^+和最劣策略 A^-(也就是正、负理想解):

$$A^+ = (b_1{}^+, b_2{}^+, b_3{}^+, \cdots, b_q{}^+) \quad 其中, b_i{}^+ = \max_i a_{ij}, j = 1,2,\cdots,p \tag{5}$$

$$A^- = (b_1{}^-, b_2{}^-, b_3{}^-, \cdots, b_q{}^-) \quad 其中, b_i{}^- = \min_i a_{ij}, j = 1,2,\cdots,p \tag{6}$$

④计算各个适应策略的数值与最优和最劣策略的距离 d_i^+和 d_i^-:

$$d_i{}^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{p}(a_{ij} - b_i^+)^2} \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{p}(a_{ij} - b_i^-)^2}, \quad j = 1,2,\cdots,p \tag{7}$$

⑤获得各评价策略与最优策略的相对贴近度 C_i:

$$C_i = d_i^- / (d_i^+ + d_i^-), \quad j = 1,2,\cdots,p \tag{8}$$

⑥排列各个适应策略的优先序,按照 C_i的降序进行排列,可知 $0 \leqslant C_i \leqslant 1$,且 C_i值越大,表示适应策略的效果越好,反之,说明适应策略的效果越差。

2　结果分析

2.1　农户的现行适应策略

为了有效地应对气候变化,甘南高原农户已采取了多种适应策略,可将农户的适应策略分为 3 类:(1)扩张型策略,旨在扩大农牧业投资和生产规模的策略,如购买饲料、租用草场、增加灌溉、增加农药化肥投入、修建围栏、打井;(2)调整型策略,旨在通过采取不同的农牧业生产实践来适应气候变化的策略,如人工种草、畜种/作物品种改良、调整畜群/农作物结构、提前转场/调整农时;(3)收缩型策略,旨在减少农牧业投资和生产规模的策略,如减畜、休牧/轮牧等。调查结果显示,甘南高原农户多采取组合型策略(主要包括扩张+调整型、扩张+收缩型、调整+收缩型、扩张+调整+收缩型等 4 类)应对气候变化,其中以调整+扩张型策略为主。然而,不同区域农户所采取的气候变化适应策略不尽相同。

纯牧区农户选择最多的适应措施为减少牲畜,其次是购买饲料,再次是租用草场和人工种草,分别有 35.80%、31.48%、27.16%、27.16%的农户选择这四种措施,农户的适应策略多样化指数 2.48;半农半牧区农户选择最多的是提前转场/调整农时,其次是增加灌溉,再次是减少牲畜,分别有 44.05%、33.33%、32.74%的农

户选择这三种措施,农户的适应策略多样化指数为 2.77;农区农户选择最多的是提前转场/调整农时和增加灌溉,其次是减少牲畜,再次是购买饲料,分别有 31.69%、31.69%、30.05%、28.42%的农户选择了上述 4 种措施,农户的适应策略多样化指数为 2.67。总体来看,半农半牧区农户的适应策略多样化程度最高、农区次之、纯牧区最低,且纯牧区以减少牲畜为主要适应措施,而半农半牧区与农区以提前转场/调整农时为主要适应措施。

表 4 甘南高原农户的气候变化适应策略/%

Table 4 The climate change adaptation strategy of the different type of farmers in Gannan Plateau

适应策略 Adaptation strategies	全体受访户 All the famers	不同区域 Household in the different areas		
		纯牧区 Pure pasturing area	半农半牧区 Farming-pastoral area	农区 Farming area
购买饲料 Buy feed	25.93	31.48	17.86	28.42
租用草场 Rent the pasture	15.40	27.16	17.26	3.28
增加灌溉 Increase irrigation	28.65	20.37	33.33	31.69
增加农药化肥投入 Increase pesticide and fertilizer	12.87	7.41	10.71	19.67
修建围栏 Build fences	18.91	14.20	15.48	26.23
打井 Drill wells	12.87	8.64	13.69	15.85
人工种草 Plant forage grass artificially	27.88	27.16	29.17	27.32
畜种/作物品种改良 Livestock/ crop breed improvement	23.20	19.75	23.21	27.32
调整畜种/农作物结构 The livestock/crop structure adjustment	20.86	17.28	23.81	21.31
提前转场/调整农时 Early pasture-transfer/regulate to farming season	33.72	25.31	44.05	31.69
减少牲畜 Decrease livestock	32.75	35.80	32.74	30.05
休牧/轮牧 Rest grazing / rotational grazing	12.48	12.96	21.43	3.83
适应策略多样化指数 The diversification index of adaptation strategy	2.65	2.48	2.77	2.67

2.2 现行适应策略的效果

甘南高原农户所采取适应策略的总体效益指数为 3.43,效果较好,其中,经济、社会、环境效益指数分别为 3.25、3.63、3.39,可见,农户所采取适应策略的社会效益最高,经济效益最差。进一步分析发现(表 5),农区农户所采取适应策略的效益最好,纯牧区农户所采取适应策略的效益最差,其适应策略的总体效益指数分别为 3.56、3.33。

表 5 甘南高原农户所采取适应策略的效益

Table 5 The effect of the famers' adaptation strategies in Gannan Plateau

农户类型 Famers types	经济效益指数 Economic efficiency index	社会效益指数 Social efficiency index	环境效益指数 Environmental efficiency index	总体效益指数 Overall efficiency index
纯牧区农户 Pure pasturing area famers	3.19	3.46	3.35	3.33
半农半牧区农户 Planting-pasturing area farmers	3.20	3.58	3.34	3.37
农区农户 Farming area famers	3.36	3.82	3.46	3.56
全体受访户 All famers	3.25	3.63	3.39	3.43

2.2.1 现行适应策略的经济效益

甘南高原所采取适应策略的经济效益指数为 3.25,低于总体效益指数。其中,纯牧区、半农半牧区、农区农户所采取策略的经济效益指数分别为 3.19、3.20、3.36,呈依次上升趋势,表明农区农户所采取策略的经济效益最好,纯牧区最差。调查发现,有 45.33%的农户认为所采取的气候变化适应策略增加了其家庭收入,而仅有 19.65%的农户持相反观点。其中,农区有 51.63%的农户认为所采取的适应策略有助于其收入增加,而纯牧区该比重仅为 38.89%,并有 19.75%的纯牧区农户表示家庭收入因采取措施而减少,据纯牧区农户反映,

购买饲料、租用草场、人工种草等适应措施增加了其生产成本。

2.2.2　现行适应策略的社会效益

甘南高原农户所采取适应策略的社会效益指数为 3.63,达到较好水平且高于总体效益指数。其中,就业方式的效益指数最高,为 3.71,农户的气候变化关注度次之,为 3.66,可见,农户的气候变化积极性、生活质量、适应能力的效益指数偏低,影响了其社会效益指数。调查显示,农户各种适应策略的实施带来了其生产要素的流动与劳动力投向的变化,据 50.78%的农户反映,其就业方式由农业转向非农产业,从单纯的农牧业生产中解放出来,减少对气候变化最敏感的自然资本的依赖。同时,当农户被问及“采取气候变化适应策略之后,是否更加关注气候变化,且是否能够积极应对”时,分别有 69.46%、66.14%的农户表示会更加关注气候变化、积极应对气候变化。此外,在生活质量和农户适应能力方面,分别有 69.84%、59.34%的农户反映现行适应策略使其生活质量和适应能力有了不同程度的提升。

不同区域农户采取适应策略的社会效益存在一定差异,其中,纯牧区、半农半牧区、农区农户所采取策略的社会效益指数分别为 3.46、3.58、3.82,呈依次上升趋势,表明农区农户所采取适应策略的社会效益最好,纯牧区最差。调查显示,农区农户就业方式的变化最为强烈,有 69.02%的农户开始从事非农产业,这主要是由于农区农户的人均耕地较少,当遭遇干旱、雪灾等造成的农作物减产、农业设施损坏时,自然资本产出便不能满足农户的基本生活需求,加之农区农户的受教育水平较高,视野开阔,因此,农户更加倾向于选择外出打工等非农产业。同时,与其他区域农户相比,农区农户所采取适应策略对其气候变化关注度、适应积极性的影响更为显著,分别有 77.72%、73.37%的农户在上述两方面有了不同程度的提高。此外,采取现行适应策略之后,适应能力有所提高的农区农户比重最大,高达 80.07%,而纯牧区的该比重最小,仅为 35.19%。

2.2.3　现行适应策略的环境效益

甘南高原农户所采取适应策略的环境效益指数为 3.39,低于总体效益指数。其中,适应策略对耕地质量的影响最大,效益指数为 3.40,其次是对草地质量的影响,效益指数为 3.38。调查显示,49.61%、51.56%的农户表示采取现行适应策略后,草地质量、耕地质量有所改善;但调查中也发现,部分农户采取的适应策略对环境带来了负面的影响,分别有 13.43%、10.45%的农户表示所采取的现行策略导致草地质量、耕地质量下降。

在不同区域中,纯牧区、半农半牧区、农区农户所采取策略的环境效益指数分别为 3.35、3.34、3.46,表明农区农户所采取策略的环境效益最好,半农半牧区最差。调查显示,有 55.98%的农区农户表示所采取的适应策略使草地质量得到改善,而半农半牧区该比重仅为 38.10%,这主要由于,相对于纯牧区和半农半牧区,农区农户所拥有的草地面积较小,且受教育程度较高和支付能力较强,能够有效的开展人工种草、休牧轮牧等措施来增强草地的生产能力。此外,半农半牧区和农区农户通过施肥、水分保持等措施也改善了当地的耕地质量,其中,农区农户表现的最为强烈,有 57.14%农户反映所采取的适应策略使耕地质量得到改善,而半农半牧区的该比重仅有 51.09%。

2.3　农户的最优适应策略选择

为了更好的适应气候变化,急需寻求更有效的适应策略,且气候变化适应策略需要综合考虑气候风险、社会经济条件及区域发展规划等多项内容。为此,本研究基于甘南高原农户的适应需求调查、对相关部门及专家的咨询,确定了调整农牧业结构(如种植结构、畜种结构等)、采用农牧业新技术(如引进新品种、养殖技术、饲料种植技术等)、调整农牧业规模、完善农牧业设施(如打井、修建灌溉设施、建圈舍、建暖棚等)、发展非农产业(如发展旅游业、发展特色农牧产品加工业等)、参加合作组织(如联户放牧、合作采购料草、合作运输、合作销售等)、参加保险(如农业保险、医疗保险、养老保险等)等 7 种主要的气候变化适应策略,并根据农户对各种策略的打分,采用多准则评估模型来筛选最优的适应策略。

由表 6 可见,甘南高原全体受访户对不同适应策略的评分不同,其中,发展非农产业的得分最高,为 0.743,是甘南高原农户应对气候变化的一种最为有效的策略,这在于甘南高原农户认为其在适应效果和适应可能性方面具有明显的优势,调查显示,分别有 78.60%、73.20%的农户提出发展非农产业的适应效果、适应可

能性高于其他适应策略。其中,纯牧区农户的最优策略是调整农牧业结构,得分为 0.827,这在于纯牧区农户认为其在适应效果和成本效率方面具有明显优势,调查发现,分别有 78.31%、78.30%的农户认为调整农牧业结构的适应效果、成本效率高于其他适应策略;半农半牧区农户的最优策略也是调整农牧业结构,得分为 0.748,这主要在于,半农半牧区农户认为其在适应效果、成本效率、适应响应性方面具有明显优势,调查显示,分别有 84.94%、64.46%、77.11%的农户反映调整农牧业结构的适应效果、成本效率、适应响应性高于其他适应策略;农区农户的最优策略是完善农牧业设施,得分为 0.856,这主要在于,农区农户认为其在适应效果、适应可能性、适应响应方面的优势明显,调查显示,分别有 86.47%、75.47%、72.09%的农户反映完善农牧业设施的适应效果、适应响应性、适应可能性高于其他策略。

表 6 甘南高原农户气候变化适应策略的评价值

Table 6 The assessment value of famers' climate change adaptation strategies in Gannan Plateau

农户类型 Famers types	调整农牧业结构 Adjust the structure of agriculture and animal husbandry	采用农牧业新技术 Use the new technology of agriculture and animal husbandry	调整农牧业规模 Adjust the scale of agriculture and animal husbandry	完善农牧业设施 Improve agriculture and animal husbandry facilities	发展非农产业 Develop non-agricultural industry	参加合作组织 participate in Cooperation organization	参加保险 Insurance
纯牧区农户 Pure pasturing area famers	0.827	0.652	0.640	0.293	0.781	0.719	0.637
半农半牧区农户 Planting-pasturing area farmers	0.748	0.368	0.293	0.652	0.604	0.117	0.730
农区农户 Farming area farmers	0.234	0.493	0.284	0.856	0.512	0.353	0.760
全体受访户 All famers	0.459	0.349	0.218	0.397	0.743	0.434	0.663

3 结论与讨论

理解生态脆弱区农户所采取气候变化适应策略的效益,并寻求更有效的适应策略对于制定有效的适应政策极为关键。本文以甘南高原为研究区,基于入户调查数据,评价农户所采取适应策略的效果,并筛选出最优策略。发现:

(1)甘南高原农户多采取组合型策略应对气候变化,其中以调整+扩张型策略为主,Wheeler[20]指出调整型和扩张型策略具有较强的积极性,并能成为应对气候变化的主流,这表明甘南高原多数农户能积极主动的适应气候变化,这与农户对气候变化及其影响的认知,政府提供的相关气候变化信息及补贴政策存在密切的关系。

(2)甘南高原农户所采取气候变化适应策略的总体效益较好,效益指数为 3.43。其中农户所采取适应策略的经济、社会、环境效益指数分别为 3.25、3.63、3.39。这说明农户采取的气候变化适应策略主要促进了农户就业、提高了农户气候变化关注度、适应积极性、适应能力及改善了农户生活质量,然后才是改善生态环境和促进收入的增加。

不同区域农户中,农区农户所采取策略的总体效益最好、纯牧区最差,效益指数分别为 3.82、3.46。其中农区农户所采取适应策略的经济、社会、环境效益指数最高。这主要在于,农区农户的受教育水平及非农化水平普遍高于纯牧区和半农半牧区,对于新知识、新技能的接受能力与创新能力强,加之农区农户的适应策略多样化指数最高,抗风险能力较强,此外,相较于纯牧区和半农半牧区,农区农户的气候变化生计脆弱性最小,且对气候变化的感知最强,故农区农户在气候变化对其生计影响相对较小的背景下,采取适应策略的效果最好。

(3)发展非农产业是甘南高原农户应对气候变化最有效的适应策略,说明甘南高原农户迫切希望改善和丰富自身的生计方式,分散气候变化生计风险对农户生计的威胁。这主要在于,甘南高原农户生计更多地依

赖于自然生态系统,剧烈的气候变化强烈干扰着自然生态系统,对农户生计造成了严重的影响,此外,随着甘南高原农户非农化水平的逐渐提升,当地农户更倾向于从事非农产业,以便减轻气候变化的负面影响。

不同区域农户的最优策略存在差异,其中,纯牧区和半农半牧区农户的最优策略为调整农牧业结构,农区农户为完善农牧业设施。究其原因,在于纯牧区和半农半牧区农户的家庭收入主要来源于种植业和畜牧业,分别有 69.83%、53.96%的家庭收入来自于农牧业,对自然资源的依赖程度很高,加之纯牧区和半农半牧区农户的受教育水平较低(文盲及小学教育程度的劳动力比重分别达 65.93%、59.35%),非农化水平较低,在气候变化对其农牧业产量产生重大损失的背景下,农户便会先以市场为导向,选择种植和养殖高产、高效的作物与牲畜,来弥补损失,促进增收。然而,农区沟壑纵横,地形复杂,草地、林地及坡耕地均有分布,气候变化造成农业基础设施受损,农业成本投入剧增,有 42.08%的农区农户反映气候变化使其生产成本增加,此外,也有 67.00%农区农户对基础设施具有强烈的适应需求,故农区农户选择完善农牧设施作为其最优策略。

4　建议及展望

基于上述结论,甘南高原农户有效的适应气候变化需要多方协同合作,由于农户个体预防和减轻气候变化影响的能力不足,加之适应气候是一项复杂系统的工程[21],故特别需要发挥政府的主导作用,引导农户做出科学合理的决策。首先,政府应当建立反映地方特色的气候监测体系,提高中长期气象预报的准确性,并加入适应策略互动反馈机制,这对于农户优化农牧业结构、合理安排农时来应对气候变化具有重要作用。其次,政府应当建立和完善信息发布平台,及时、准确的提供农牧业市场信息、就业信息等,并加强对农户气候变化相关信息的宣传力度,使农户适时有计划的采取适应策略,以便实现潜在的效益。第三,政府应当建立良好的资金机制,加大向农户发放小额贷款的力度,建立多元化信贷机制、优惠的税收政策和贷款补贴,持续增加政府的气候变化适应资金投入,为农户适应气候变化提供物质基础,此外,还可增加农户的转移性收入,减少农户对农牧业的依赖,从而促进劳动力逐渐向城镇转移并开展非农产业。最后,政府应当积极开发和推广新技术、开展实用技术与技能培训、进行经营管理策略的指导,例如,大力开发投资小、成本低、收益好的轻简农牧业新技术,开发和引进幼稚种籽、畜禽良种技术和种植与养殖技术,激励农户更积极的采用农牧业新技术。

评价农户所采取适应策略的效益,对高寒生态脆弱区探寻有效的适应策略与适应模式极为重要。本文基于入户调查,分析了甘南高原农户的气候变化适应策略效益,并筛选出了最为有效的适应策略。未来还应加强以下几个方面的研究:(1)本研究仅分析了农户现行适应策略的经济、社会、环境效益,未来还应加强适应策略的集成评价研究;(2)本研究仅筛选出了农户的最优适应策略,还应关注次优策略与互补策略,重视优势策略的集成创新,使农户微观层面各种适应策略的选择、优化、配置以最合理的结构形式结合在一起。同时,还应关注具体背景下的适应策略可行性检验,尤其是不同适应行为的可行性、有效性与相互作用,从而开发并建立农户层面的适应策略评估工具,进一步加强适应性实践方案的开发研究;(3)由于气候变化影响的空间性与时效性以及信息的不对称性与短时性,不同适应策略之间存在良性的竞争关系,未来应因地制宜、因时制宜的开展适应策略决策,同时要重视与当地资源管理、社区发展、生计能力、持续发展、风险管理等多方面的联接,从而强化适应能力。

参考文献(References):

[1] IPCC. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press. 2014.

[2] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化的政策与行动 2013 年度报告. 北京, 国家发展与改革委员会, 2013.11.

[3] 周晓农. 气候变化与人体健康. 气候变化研究进展, 2010, 6(4): 235-240.

[4] Claessens L, Antle J M, Stoorvogel J J, Valdvia R O, Thornton P K, Herrero M. A method for evaluating climate change adaptation strategies for small-scale farmers using survey, experimental and modeled data. Agricultural Systems, 2012, 111(3): 85-95.

[5] Antle J M. Parsimonious multi-dimensional impact assessment. American. Journal of Agricultural Economics, 2011, 93(5): 1292-1311.

[6] 赵雪雁. 农户对气候变化的感知与适应研究综述. 应用生态学报, 2014, 25(8): 2440-2448.

[7] Qin X S, Huang G H, Chakma A, Nie X H, Lin Q G. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning——A case study for the Georgia Basin, Canada. Expert Systems with Applicatons, 2008, 34(3): 2164-2179.
[8] Bhave A G, Mishra A, Raghuwanshi N S. A combined bottom-up and top-down approach for assessment of climate change adaptation options. Journal of Hydrology, 2014;518(2): 150-161.
[9] 张兵, 张宁, 张轶凡. 农业适应气候变化措施绩效评价——基于苏北 GEF 项目区 300 户农户的调查. 农业技术经济, 2011, (7): 43-49.
[10] 赵雪雁. 不同生计方式农户的环境感知——以甘南高原为例. 生态学报, 2012, 32(21): 6776-6787.
[11] Elmqvist T, Folke C, Nyström M, Peterson G, Bengtsson J, Wlakers B, Norberg J. Response diversity, ecosystem change, and resilience. Frontiers in Ecology and the Environment, 2003, 1(9):488-494.
[12] 赵雪雁. 生计资本对农牧民生活满意度的影响——以甘南高原为例. 地理研究, 2011, 30(4): 687-698.
[13] 邢权兴, 孙虎, 管滨, 郑金凤. 基于模糊综合评价法的西安市免费公园游客满意度评价. 资源科学, 2014, 36(8): 1645-1651.
[14] 潘彬, 黄靖, 薛笑笑, 刘君. 基于熵权改进的模糊综合方法对大型基础设施项目的风险评价——以温州轨道交通建设项目为例. 经济地理, 2015, 35(10): 44-49.
[15] 侯成成, 赵雪雁, 张丽, 江进德, 李巍, 严江平. 生态补偿对区域发展的影响——以甘南黄河水源补给区为例. 自然资源学报, 2012, 27(1): 50-61.
[16] 王金霞, 李浩, 夏军, 任国玉. 气候变化条件下水资源短缺的状况及适应性措施: 海河流域的模拟分析. 气候变化研究进展, 2008, 4(6): 336-341.
[17] IPCC. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group Ⅱ to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 1032-1032.
[18] 郑艳, 潘家华, 廖茂林. 适应规划: 概念、方法学及案例. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(3): 132-139.
[19] UKCIP. The UKCIP adaptation wizard v4.0. Oxford, UKCIP, 2013. www.ukcip.org.uk/wizard/.
[20] Wheeler S, Zuo A, Bjornlund H. Farmers' climate change beliefs and adaptation strategies for a water scarce future in Australia. Global Environmental Change, 2013, 23(2): 237-547.
[21] 潘家华, 郑艳. 适应气候变化的分析框架及政策涵义. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(10): 1-5.